

湖南香花岭花岗岩含锂云母类演化及其找矿意义^{*}

邱瑞照 周 肃 常海亮 杜绍华 彭松柏

(中国地质科学院宜昌地质矿产研究所 湖北 443003)

摘 要 对香花岭花岗岩已有云母资料进行误差修正计算的基础上,进行了云母分子式计算和成分分类,该区含锂云母类演化系列以尖峰岭岩体为代表,由黑云母→黑鳞云母→铁锂云母→铝质铁锂云母→锂白云母;由云母演化反映出癞子岭岩体岩浆演化程度低于尖峰岭岩体,而癞子岭岩体中 F_e , H_2O^+ 等流体组份(超临界流体)含量总体低于尖峰岭岩体是导致岩浆演化和云母演化乃至矿化差异的重要因素。云母特征值 $A < 0.5$, $Q_5 \sim 0.68 > 0.68$ 值域,可分别判定无矿、Nb 矿化和 Ta 矿化,并得到栗木含矿花岗岩和无矿花岗岩中云母资料的验证,表明依据云母特征参数可评价岩体含矿性。

关键词 花岗岩;含锂云母类演化系列;超临界流体作用;找矿评价;湖南;香花岭
分类号 P578.959;P588.121

香花岭花岗岩属 Li—F 地球化学型花岗岩,前人^[1,2]曾对其云母进行过系统研究,但是由于云母化学成分复杂,分析数据存在误差,尤其是对 F, H_2O^+ , Li 等误差更大,而 F, H_2O^+ 是岩浆体系内重要的流体组份,业已证明^[3] F , H_2O^+ 在本区成岩成矿过程中起着重要作用;同时,传统的阳离子法、电价平衡法、24 阴离子法等云母分子式计算方法,又往往不能合理地顾及阴阳离子及误差矫正,因此容易出现误判和认识上的偏差,更难以合理地评价 F, H_2O^+ , CO_2 等流体组份在云母演化中的作用。本文在对已有数据进行筛选(按 100% ± 0.7%)的基础上,引用 M. Rieder^[4]提出的计算方法,该方法对误差提出了一个修正方法,并较好地顾及了阴阳离子平衡。所研究的癞子岭岩体和尖峰岭岩体是香花岭地区燕山期花岗岩的代表性岩体,分别位于通天庙穹窿构造的东北部和东南部,两岩体的产出地质环境、岩相、岩石成分结构及地球化学特征都极为类似^[1,5],但就铌钽工业矿体而言,癞子岭岩体属无矿岩体,而尖峰岭岩体上部则构成铌钽(富钽)工业矿体,造成这种差异矿化的原因,黄蕴慧、杜绍华等(1988)已进行过多方面的研究,本文主要探讨区内云母演化、流体与云母演化及成矿关系,提出判别花岗岩矿化与非矿化的云母特征参数值域。

1 地质产状

癞子岭岩体自下而上可分为黑云母(黑鳞云母)花岗岩带、铁锂云母钠长石花岗岩带、黄

1997 年 9 月 7 日收稿,1998 年 1 月 22 日改回。

第一作者简介:邱瑞照,男,1963 年出生,副研究员,岩石学及矿床学专业。

^{*}地质矿产部地质行业科学技术发展基金资助项目(959629)。

①邱瑞照.香花岭花岗岩演化过程中 F 的地球化学作用及与成矿关系.湖北省矿物岩石地球化学学会学术交流会(摘要)文集.武汉,1987

玉铁锂云母石英云英岩带、铁锂云母伟晶岩和黄玉伟晶岩带。

尖峰岭岩体同样具有明显的分带(图1), 铌钽矿体主要产于岩体上部。

本文所述云母, 分别产自癞子岭岩体和尖峰岭岩体的不同部位, 为对比岩体矿化与非矿化特征, 同时引用了广西栗木老虎头、水溪庙含矿岩体和香坛岭、金竹源、牛栏坪无矿岩体中的云母资料^①

2 云母化学成分、分子式计算及分类

2.1 云母化学成分

癞子岭和尖峰岭岩体岩石化学成分, 自下而上, 从早期到晚期的演化具有相同趋势^[1,5]; SiO_2 , K_2O 含量逐渐降低; Al_2O_3 , Na_2O , Li_2O , H_2O^+ , F 的含量逐渐增高。云母化学成分(表1)对比, 尖峰岭岩体中的 F , H_2O^+ , Li_2O , Al_2O_3 , SiO_2 等含量总体高于癞子岭岩体的, Fe^{2+} , Fe^{3+} 变化较大; Mg^{2+} , Mn^{2+} 相差不大; TiO_2 , CaO 含量均较低。

2.2 云母分子式计算

用 M. Rieder 方法计算云母分子式: 首先通过 $K_f = 68 / (3\Sigma\text{O} + 2\text{F} - \text{H})$ 公式求出修正系数 K_f , 然后将每个元素的原子数乘以 K_f , 即得出分子式中各元素的系数。式中 ΣO 为氧原子数的总数; F 为氟的原子数; H 为 H_2O 的原子数; 然后求出 A , A' , B , C , Q 等特征值:

$$A = 2LR / (2LR + "Fe"); A' = LR / (LR + "Fe"); B = \text{Fe}^{2+} / ("Fe" + \text{Mg});$$

$$C = \text{Mg} / (\text{Mg} + 2LR); Q = R_{\text{exc}}^{3+} / \Sigma_{\text{oct}} \quad (R_{\text{exc}}^{3+} = R_{\text{oct}}^{3+} - \text{Li})$$

式中 LR 为 Li 或 R_{oct}^{3+} (使用其中最小的数值) 的分子式系数; $"Fe"$ 为 Fe^{2+} 与 Mn^{2+} 分子式系数的总和, Rb_2O 归入 K_2O 中计算; 计算结果见表2。

2.3 云母分类

图2为云母端元成分四面体图解, 将表2中 A , B , C 与 A' , Q 值分别投影到锥形图(图2)的底面(图3)和正面(图4), 结果表明, 癞子岭、尖峰岭岩体中的云母主要落在铁叶云母—多硅锂云母演化系列范围, 以黑鳞云母、铁锂云母为多数, 比较而言, 癞子岭岩体中云母在黑鳞云母区间多些, 而尖峰岭岩体中的云母投影点, 更靠近铁锂云母区间, 同时, 还出现癞子岭岩体中未出现的铝质铁锂云母(相当于拉皮杰斯等人分类中的铁锂云母 $2M_1$) 和锂白云母。将表2中的 Li , R^{2+} , R^{3+} 投入 И.И. 拉皮杰斯等人(1977)提出的分类命名系统, 与图3、4结果基本一致。

栗木岩体中云母成分以高硅为特征, 主要是多硅白云母, 栗木矿化花岗岩体有黑鳞

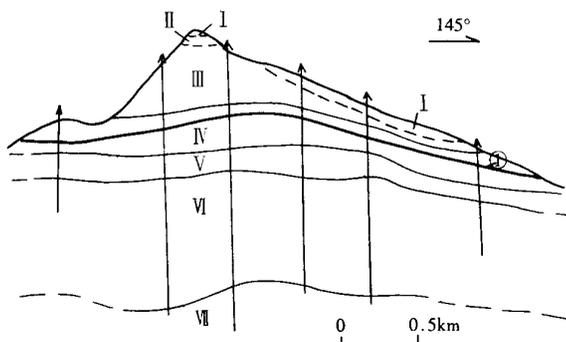


图1 尖峰岭花岗岩体岩相分带示意图(据238队)

Fig. 1 The sketch map of facies zoning of Jianfengling granitic body
VII VI—黑云母—黑鳞云母花岗岩, V、IV—铁锂云母钠长石化花岗岩;
II、III—云英岩化锂白云母(含铝质铁锂云母)钠长石化花岗岩; I—石英
黄玉云英岩和石英—铁锂云母云英岩; ①—铌钽工业矿体界线

①史明魁等. 广西栗木稀有金属花岗岩的岩石学和地球化学(研究报告), 1980

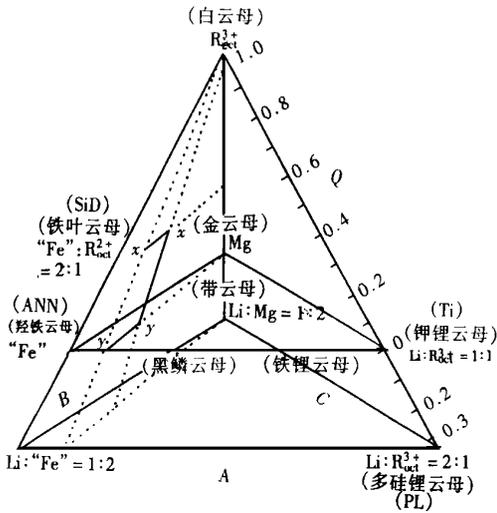


图 2 Li-Fe-Mg-Al 云母原子八面体成分的四面体图解^[4]

Fig. 2 A pyramid for plotting atomic octahedral compositions of Li-Fe-Mg-Al micas

云母、高铁白云母、多硅白云母和锂多硅白云母,而无矿花岗岩中主要是多硅白云母,个别高铁白云母(表 2),这一结果体现了栗木花岗岩与香花岭花岗岩成分上的差异,事实上,以老虎头岩体为例,在空间上自上而下由弱钠化带→钠化带→强钠化带,岩石化学成分中 F, Si, Na 增高, Al, K 降低(史明魁, 1980), 其中 K, Na, F 变化趋势与本区相同, Si, Al 却恰好相反,即表明两个地区的花岗岩具有不同的岩浆成分演化趋势,因此必然具有不尽相同的云母演化方向及种属,但仍不妨作为一随机参照标准,与本区含矿、无矿花岗岩中云母作对比。

3 香花岭花岗岩含锂云母类演化

3.1 含锂云母类演化系列

香花岭花岗岩属 Li-F 型花岗岩,

本文将其中云母统称为含锂云母类。由表 1 可看出癞子岭岩体和尖峰岭岩体,由深部黑云母花岗岩经黑鳞云母花岗岩相至浅部云英岩中的云母,有 Li 含量由低到高, Fe²⁺ 含量由高到低的变化趋势,与 A.И.Гинз бур г 等人^[6]划分的铁-锂云母系列有极相似的地方,但又不完全一致。本区尖峰岭岩体中在铁锂云母之后还出现了反映富铝特征的铝质铁锂云母,并

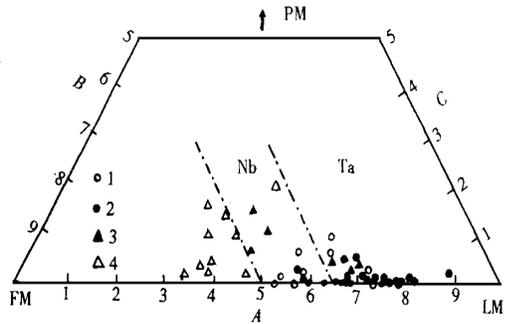


图 3 香花岭栗木花岗岩含锂云母类矿物的八面体成分在四面体(图 2)底面上的投影

Fig. 3 Octahedral compositions of Li-bearing micas projected onto the base of the pyramid of Fig. 2 in Xianghualing and Limu granites

1—癞子岭岩体; 2—尖峰岭岩体; 3—栗木矿化花岗岩体; 4—栗木非矿化花岗岩体; FM—铁叶云母和铁云母; LM—锂白云母和多硅锂云母; PM—金云母和带云母

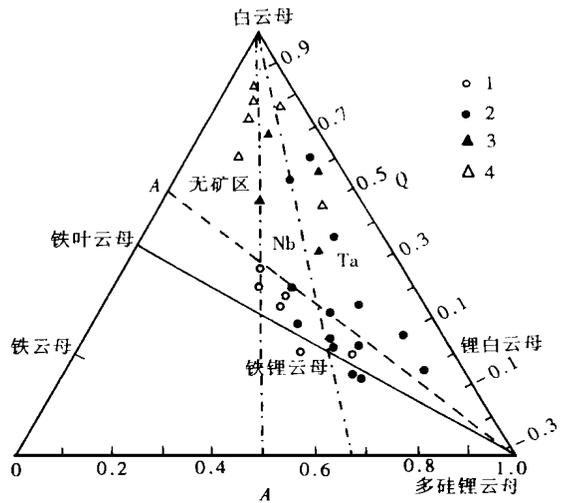


图 4 香花岭栗木花岗岩含锂云母类矿物的八面体成分在四面体(图 2)正面的投影

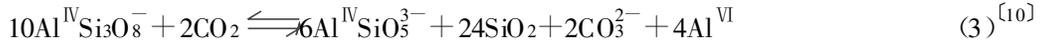
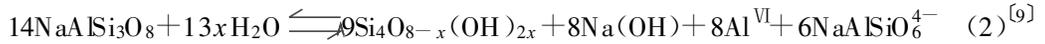
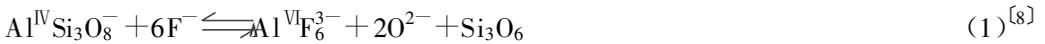
Fig. 4 Octahedral compositions of Li-bearing micas projected onto the front face of the pyramid of Fig. 2 in Xianghualing and Limu granites

图例同图 3

至锂白云母而终；而癞子岭岩体中只演化到铁锂云母阶段就结束。所以本区花岗岩含锂云母类演化序列可以尖峰岭岩体的为代表，即由黑云母→黑鳞云母→铁锂云母→铝质铁锂云母→锂白云母。癞子岭、尖峰岭两岩体中云母演化最终产物差异表明，尖峰岭岩体的岩浆演化程度总体高于癞子岭岩体。

3.2 超临界流体与含锂云母类演化

对于花岗岩熔体中的组分，笔者依其活动能力分为 3 种类型^[3]：活动组分——指能在相当宽的 $t-p$ 区间保持活动能力的组分，包括 H_2O , CO_2 , F, B 和低价态典型阳离子 K^+ , Na^+ , Li^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 等；有效活动组分——指在一定条件下(较高温度、挥发份富集或水饱和等)能活动迁移的组分，如 NbF_7^{2-} , TaF_6^{2-} , SnF_6^{2-} , AlF_6^{3-} , $Si_4O_6(OH)_4$ 等；惰性组分——指熔体内硅氧、铝氧四面体及其聚合物。香花岭花岗岩岩浆体系为 H_2O-CO_2-F-Cl 流体类型，在岩浆演化过程中 H_2O , CO_2 始终处于超临界状态，并在岩浆演化过程中起重要作用^[3]，F, H_2O , CO_2 等流体组份与岩浆熔体之间存在下述反应式：



反应式表明，随着岩浆演化 F, H_2O , CO_2 等超临界流体组分增加，其共同效应是：①使熔体发生解聚作用，使 Si-O-Si 或 Al-O-Al 键转化为 Al-F 键((1)式)和 Si-OH 键((2)式)；②使原处于四面体中心的成网阳离子 Al^{IV} 部分((2)、(3)式)或全部((1)式)转变为变网阳离子 Al^{VI} ，使原先的架状铝硅酸盐熔体结构成为二维层状网络熔体，有利于云母的形成和演化。③使活动组分和有效活动组分增加，而惰性组分数量相对减少，同时使岩浆熔体的粘度降低，内压增大，最终出现熔体-晶体-流体不混溶相共存及沸腾作用发生。^[3]

云母在岩浆体系内演化，必然受岩浆演化的制约，所以云母演化也应该与流体作用密切相关。在香花岭花岗岩含锂云母类演化系列中成分变化趋势是(图 5)；随着云母演化， H_2O^+ , OH^- 含量由低到高，F, Li^+ 含量升高并在铁锂云母阶段达最高值，而后明显降低，F, Li^+ 呈同步变化；

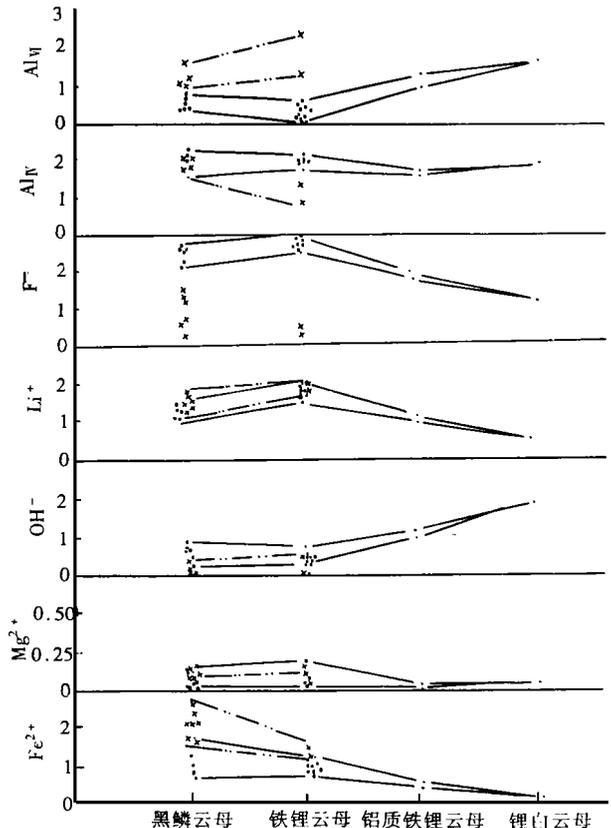


图 5 香花岭花岗岩含锂云母类矿物成分演化趋势

Fig. 5 The evolutionary tendency of chemical composition of Li-bearing micas from Xianghualing granites

×—癞子岭岩体；○—尖峰岭岩体

Fe^{2+} 含量逐渐降低; Mg^{2+} 含量变化不明显; Al^{IV} 变化较平稳, 呈稳中有降的趋势; Al^{VI} 变化与 Al^{IV} 相反, 在铁锂云母阶段之后明显增高, Al^{VI} 总体变化趋势与 F , Li^+ 呈反相关关系, 随 OH^- 含量增加而增长, 而在岩浆体系中由早期至晚期, F , Li^+ , H_2O^+ 含量是逐渐升高的^[5], 在岩浆演化过程中熔体相逐渐减少, 而晶体相、流体相逐渐增加, F , H_2O^+ , Li^+ , Rb^+ , Cs^+ 及 AlF_6^{3-} , NbF_7^{3-} , TaF_7^{3-} 等活动组分和有效活动组分主要赋存在流体相中, 在云母演化系列中(图 5), 铁锂云母阶段之后 Li^+ , F 含量的降低, 可能与岩浆体系随着流体组分的增加, 使岩浆体系内压不断增大, 最终发生沸腾作用(射气分异作用)有关, 这也与铝质铁锂云母、锂白云母分别产自岩体上部云英岩、小岩枝和石英脉中的地质事实相符。反应式(1)~(3)表明, 随着岩浆演化 F , H_2O^+ 等流体组分富集, 越来越多的 Al^{IV} 转变为 Al^{VI} , 这与图 5 反映的趋势一致。表明云母演化受岩浆演化的制约, 同样与流体(超临界流体)作用密切相关, 而尖峰岭岩体中 F 为 0.48%~1.66%, H_2O^+ 为 0.26%~1.94%, 总体高于癞子岭岩体 F , H_2O^+ 含量(F : 0.27%~0.87%, H_2O^+ : 0.22%~0.74%)^[1], 这可能是导致两岩体岩浆演化和云母演化差异的主要原因。

3.3 含锂云母类演化与成矿作用的关系

云母为层状铝硅酸盐矿物, 按化学组分的晶格能, 优先进入云母八面体位置的是 Fe^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} 及 Nb , Ta 等, 在 Fe^{2+} , Mg^{2+} 等不足的情况下, 可由部分 Al^{VI} , Li^+ 替代八面体中的 Fe^{2+} , Mg^{2+} 位置。在岩浆演化早期岩浆中 Fe^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} 的含量相对较高, 优先占据八面体中的位置, 随着岩浆演化, Fe^{2+} , Mg^{2+} 含量不断降低, Li^+ , Al^{VI} 进入八面体位置的数量增加, 置换式可表达为: $Li^+ + Al^{VI} \rightarrow Fe^{2+} + Mg^{2+}$; $Li^+ + (Nb^{5+} + Ta^{5+}) \rightarrow Ti^{4+} + Mg^{2+}$, 电价平衡由四面体中 $Al^{IV} \rightarrow Si^{4+}$ 实现; 随着岩浆演化 F , H_2O^+ 等流体组分富集, 一方面与 Al , Nb , Ta 等结合成 AlF_6^{3-} , NbF_7^{3-} , TaF_7^{3-} 等有效活动组分(络合物)向晚期富集, 另一方面又导致岩浆体系内压不断增大, 促使富含流体和成矿元素的残余岩浆向浅部运移, 在内压大于围压时, 导致沸腾作用发生, F , H_2O , Li^+ 等组分迅速逃逸脱离岩浆体系, 这就使 Nb , Ta , Al^{VI} 的活动能力大为降低, 而大量 Al^{VI} 进入云母八面体中($R^+ + 2Al^{3+} \rightarrow (Nb, Ta)^{5+} + Fe^{2+}$), 形成铝质铁锂云母、锂白云母, F , Li^+ 因沸腾作用而含量降低, 由 H_2O^+ 替代 R^+ 中的 Li^+ , OH^- 替代层间阴离子 F^- , 所以在铝质铁锂云母、锂白云母中 F , Li^+ 降低, 而 Al^{VI} , OH^- 升高(图 5), 被置换出的与岩浆体系中的 Nb , Ta 一起在岩体上部析出矿化, 剩余的 Al^{VI} 主要形成黄玉, 故在岩体上部形成黄玉似伟晶岩并与锂白云母、铌钽矿体密切共生。由此可以认为, 在云母演化系列中, 由黑云母→黑鳞云母→铁锂云母 F , Li 含量的增加(图 5), 预示着对 Nb , Ta 的分散, 而铝质铁锂云母→锂白云母 F , Li^+ 的降低 Al^{VI} 的增高, 则说明了 Nb , Ta 的析出富集, 换言之, 前一阶段(黑云母—黑鳞云母—铁锂云母)代表对 Nb , Ta 的分散是无矿阶段, 后一阶段(铝质铁锂云母—锂白云母)代表对 Nb , Ta 的析出富集为成矿阶段。癞子岭岩体中云母只演化到铁锂云母阶段, 故不能成矿, 而尖峰岭岩体演化到了后一阶段, 故形成了 Nb , Ta (富 Ta)工业矿体。所以由云母演化也说明, 尖峰岭、癞子岭两岩体成矿作用差异是由两岩体的岩浆演化差异所致。

3.4 含锂云母类找矿意义

前面将本区云母系列划分为 Nb , Ta 分散和富集两大阶段, 而本区云母为铁锂云母—多硅锂云母演化系列范围(图 4), 所以 A 或 A' (表 2)是重要特征参数; 就 Nb , Ta 矿化顺序而言, Ta 的矿化在 Nb 之后, 所以在 Ta 矿化区前可划出 Nb 矿化区, 界限大致在黑鳞云母与铁

锂云之间, 取 $A < 0.5$ 为无矿区, $0.5 \sim 0.68$ 为 Nb 矿化区, > 0.68 为 Ta 矿化区, 在图 3、图 4 中癞子岭岩体中的点主要在 Nb 矿化区, 而尖峰岭岩体中的多集中在 Ta 矿化区, 非常有意义的是, 前已述及栗木岩体具有与本区不同的岩浆成分演化趋势及云母种属, 但是栗木矿化岩体的云母绝大部分都落在 Nb 或 Ta 矿化区内, 而无矿岩体中的云母落点多集中在无矿区; 在 $Li^+ - R^{2+} - R^{3+}$ 三角图中, 以 $Li : R^{2+} = 1 : 1$ 为界, 亦可将癞子岭岩体和尖峰岭岩体的成矿特征区分开来 (图 6)。上述结果 (图 3、图 4、图 6) 清楚地反映了癞子岭、尖峰岭两岩体在 Nb, Ta 成矿方面的差异, 所以, 可望根据所述结果对香花岭地区乃至更广泛区域内花岗岩的 Nb, Ta 矿化特征作出评价和预测。

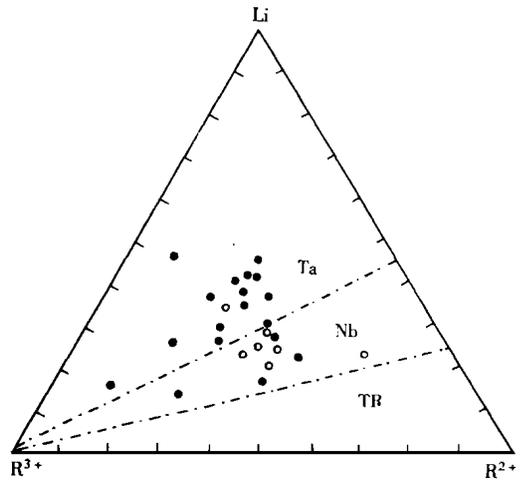


图 6 香花岭花岗岩含锂云母类的 Li, R^{2+}, R^{3+} 含量与 Nb, Ta, TR 矿化作用的关系
 Fig. 6 The relationship between Nb, Ta, TR mineralization and the contents of Li, R^{2+}, R^{3+} in $Li - R^{2+} - R^{3+}$ bearing micas from Xianghualing granites
 ○—癞子岭岩体; ●—尖峰岭岩体; 其余图例同图 3

5 结 论

(1) 香花岭花岗岩含锂云母类的演化系列为: 黑云母 → 黑鳞云母 → 铁锂云母 → 铝质铁锂云母 → 锂白云母, 以尖峰岭岩体的为代表。癞子岭岩体中的云母只演化到铁锂云母阶段即告结束, 含锂云母类演化表明尖峰岭岩体的演化程度高于癞子岭岩体, 这是造成这对相似岩体差异矿化的主要原因。

(2) 云母演化受岩浆演化的制约, 岩浆演化中流体 (超临界流体) - 熔体相互作用对岩浆的一系列物理化学性质产生重大影响, 并与云母演化密切相关。尖峰岭岩体中 F, H_2O^+ 等流体含量总体高于癞子岭岩体的, 这是造成两岩体的岩浆演化及云母演化差异的重要因素之一, 成矿作用与流体组分聚集所导致的沸腾作用密切相关。

(3) 依据云母特征参数所划出的 Nb 矿化区 ($A = 0.5 \sim 0.68$), Ta 矿化区 ($A > 0.68$) 和无矿区 ($A < 0.5$), 得到栗木含矿花岗岩和无矿花岗岩的云母资料验证, 说明利用云母特征参数可对花岗岩进行矿化特征评价及矿种预测。

参 考 文 献

- 1 黄蕴慧, 杜绍华, 周秀仲. 香花岭岩石矿床与矿物. 北京: 科技出版社. 1988. 11 ~ 24
- 2 顾雄飞, 徐英年, 华南某地含锂的云母类矿物初步探讨, 见全国稀有元素地质会议论文集汇编组主编, 全国稀有元素地质会议论文集(一). 北京: 科学出版社, 1975. 205 ~ 224
- 3 邱瑞照, 杜绍华, 彭松柏. 超临界流体在花岗岩成岩成矿过程中的作用—以香花岭花岗岩型铌钽矿床为例. 矿物岩石地球化学通报, 1997, 16(4): 239 ~ 242
- 4 Rieder M. Chemical composition and physical properties of Lithium—Iron micas from the Kusne Hory Mts. (Erzgebirge). Part A. Chemical composition. Contr. Mineral and petrol. 1970, 27: 131—138
- 5 Du Shaohua (杜绍华), Qiu Ruizhao (邱瑞照). A preliminary study on the evolutionary characteristics of REE in granitoid

- rocks and their formation mechanisms in Xianghualing region, Hunan Province, China, Chinese journal of geochemistry 1991, 10(1): 68 ~ 79
- 6 Гинзберг А.И., И Беркин, С. Н., О Составе и Химической Конституции Липитивных Слюд. Тр. Минер. Музея. АН. СССР. ВВЛ. 1971, 5; 90—131
- 7 刘家齐, 常海亮, 南岭地区某些燕山期花岗岩及其脉钨矿床的温压地球化学研究. 见: 中国地质科学院宜昌地质矿产研究所主编. 南岭地质矿产科研报告集(1). 武汉: 武汉地质学院出版社. 1987. 145 ~ 198
- 8 Manning DAC, Hamilton DL, Henderson CMB. *et al.* The probable occurrence of interstitial Al in hydrous F⁻ bearing and F⁻ free aluminosilicate melts. *Contrib. Mineral Petrol.* 1980, 75; 257 ~ 262
- 9 Mysen BO, Virgo D, Harrison WJ. *et al.* Solubility mechanisms of H₂O in silicate melts at high pressures and temperature; a Raman spectroscopic study. *Amer. Miner.* 1980, 65; 900 ~ 914
- 10 Mysen BO, Virgo D. Solubility mechanisms of carbon dioxide in silicate melts; Raman spectroscopic study. *Amer. Miner.* 1980, 65; 885 ~ 889

THE EVOLUTION OF Li-BEARING MICAS FROM XIANGHUALING GRANITES AND THEIR ORE — PROSPECTING SIGNIFICANCE IN HUNAN

Qiu Ruizhao ZhouSu Chang Hailiang Du Shaohua Beng Songbai
(*Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, CAGS*)

Abstract Based on the calculation of correcting error of mica's data, which has gotten in Xianghualing granites, to calculate their formulae and to classify micas type, to set up an evolutionary series of Li-bearing micas in Xianghualing granites, which was biotite → paratolithionite → zinnwaldite → Al-zinnwaldite → lepidolite. It was the present of Jianfenling granite's; The evolutionary series of Li-bearing micas in Xianghualing granites indicated that Laiziling granite was lower on magmatic evolutionary degree than Jianfenling granite's, This is the main reason for two rock bodies, which were very similar on many aspects to have difference characteristic on mineralization. Totally, the contents of F, H₂O⁺ et al. fluid component in Laiziling granite was lower than Jianfenling granite. It was an important factor for them to make difference on magmatic evolutionary degree, mica evolution even mineralization. Meanwhile, studying the relationship between fluid and Li-bearing mica evolution and mineralization, indicated that mica's characteristic parameter *A* value (< 0.5, 0.5 ~ 0.68, > 0.68) could be used to judge respectively non-, Nb and Ta mineralization, which has proved by non- and ore-bearing granites in Limu area and suggested it was possible to judge the non- and ore-bearing granites based on mica's parameter *A*.

Key words granite; evolutionary series of Li-bearing micas; role of supercritical fluid; judgement of ore-prospecting; Xianghualing; Hunan